

# Analisis Aliran Daya Pada Saluran Transmisi 150 kV: Studi Kasus Jawa Tengah Bagian Selatan

Nila Indriya Sari<sup>1</sup>, Deria Pravitasari, S.T., M.T.<sup>2</sup>, Agung Trihasto, S.T., M.T.<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Elektro FT UNTIDAR

Jl. Kapten S. Parman No. 39 Magelang 56116 INDONESIA

nilaindry04@gmail.com

## ABSTRAK

Dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik, daya yang mengalir pada saluran akan mengalami perubahan, maka diperlukan studi perhitungan aliran daya untuk mengetahui perubahan dan perencanaan daya listrik. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis aliran daya pada sistem transmisi 150 kV Wilayah Jawa Tengah Bagian Selatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tegangan (V), sudut fase, daya nyata (P), dan daya reaktif (Q) pada setiap bus transmisi pada kondisi normal. Metode pendekatan aliran daya yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Newton-Raphson dengan nilai toleransi kurang dari 0,00001 melalui simulasi dengan bantuan *software* Matlab. Hasil simulasi menunjukkan bahwa total daya beban sebesar 2377.767 MW dan 646.469 MVAR. Total daya yang dibangkitkan sebesar 2402.211 MW dan 788.938 MVAR. Untuk total rugi-rugi daya yang mengalir pada saluran transmisi sebesar 24.443 MW dan 142.469 MVAR. Hasil konvergensi berhenti pada iterasi ke 11 dengan waktu penyelesaian secara cepat pada waktu 0,3 detik. Hasil *line flow* dan *losses* dapat memenuhi kapasitas saluran transmisi sehingga didapatkan suatu kemampuan dari sistem untuk memenuhi kebutuhan beban. Hasil *power flow* dengan total daya yang dibangkitkan mampu melayani kebutuhan beban yang dicatu oleh pembangkit dalam sistem.

*Kata kunci — Newton Raphson, Load Flow*

## ABSTRACT

With the increase in electrical energy requirements, the power flowing in the channel will change, so the study of power flow calculations is needed to determine changes and electrical power planning. This research was conducted to analyze the power flow in a 150 kV transmission system in the Central Java Southern Region. The purpose of this study is to determine the voltage (V), phase angle, real power (P), and reactive power (Q) on each transmission bus in normal conditions. The power flow approach method used in this study is Newton-Raphson method with a tolerance value of less than 0.00001 through simulation with the help of Matlab software. Simulation results show that the total load power is 2377,767 MW and 646,469 MVAR. The total power generated is 2402,211 MW and 788,938 MVAR. For total power losses that flow on the transmission line of 24,443 MW and 142,469 MVAR. The result of convergence stops at the 11th iteration with a quick turnaround time at 0.3 seconds. The results of line flow and losses can meet the capacity of the transmission line so we get an ability from the system to meet the load requirements. The results of power flow with the total power generated is able to serve the needs of the load supplied by the generator in the system.

*Keyword — Newton Raphson, Load Flow*

## PENDAHULUAN

Interkoneksi dalam sistem tenaga saat ini sangat kompleks, ada kebutuhan besar untuk meningkatkan pemanfaatan listrik tetapi tetap menjaga keandalan dan keamanan sistem. Sementara, beberapa saluran transmisi dibebankan hingga batas beban, saluran transmisi yang lain mungkin telah kelebihan beban yang berdampak pada nilai-nilai tegangan dan mengurangi stabilitas dan keamanan sistem[1]. Dengan semakin meningkatnya pertumbuhan energi listrik, kunci dari kemajuan teknologi sangat penting untuk peningkatan taraf hidup yang berkesinambungan merupakan pengembangan energi untuk memperoleh kerja yang berguna. Dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik, daya yang mengalir pada saluran akan mengalami perubahan pula. Maka diperlukan studi perhitungan aliran daya untuk mengetahui perubahan dan perencanaan daya listrik[2].

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Manjusa, K dkk, 2016, berpendapat bahwa *Thyristor Controlled Static Series Compensator* (TCSC) digunakan untuk mengendalikan aliran daya di saluran transmisi[3]. Pada penelitian yang telah

dilakukan oleh Abokrishna, Mohamed dkk, 2017, berpendapat bahwa dengan mengembangkan metode Newton Raphson yang efisien untuk solusi aliran daya dari sistem tenaga skala besar yang tidak terkondisi[4].

Berdasarkan dari hasil kajian buku, jurnal, dan sejenisnya bahwa masalah aliran daya sangat penting untuk mengetahui kondisi sistem pada saat ini dan untuk proyeksi yang akan datang. Kemampuan dari masing-masing bus saluran transmisi dalam mensuplai kebutuhan beban akan dilakukan dalam penelitian mengenai analisis aliran daya. Penyelesaian masalah ini menggunakan metode Newton Raphson yang diimplementasikan pada *software* Matlab. Pada jaringan sistem tenaga listrik yang kompleks metode Newton Raphson dinilai lebih efektif dalam menyelesaikan perhitungan aliran daya. Penentuan sistem pada jumlah iterasi yang dibutuhkan untuk memperoleh pemecahan. Jumlah bus dalam sistem transmisi Jawa Tengah bagian selatan yaitu 48 bus yang memiliki 1 *slack bus* pada PLTU Cilacap, 42 bus beban, 5 bus generator. Pada saat kondisi normal analisis aliran daya ini dilakukan untuk mengetahui tegangan (V), sudut fase, daya

nyata (P), dan daya reaktif (Q) pada setiap bus transmisi Jawa Tengah bagian selatan. Dalam analisis sistem tenaga listrik perencanaan analisis aliran daya ini diharapkan dapat membantu Unit Penyaluran dan Pengatur Beban untuk Wilayah Jateng dan DIY.

## METODE

Dalam penelitian analisis aliran daya pada saluran transmisi 150 kV Wilayah Jawa Tengah Bagian Selatan ini digunakan simulasi dengan menggunakan metode Newton Rapson pada sistem tenaga listrik yang kompleks. Pemodelan sistem tenaga listrik Jawa Tengah bagian selatan yaitu dengan konfigurasi jaringan yang saling terinterkoneksi antar Gardu Induk satu dengan yang lainnya dan pembangkit pada jaringan sistem transmisi 150 kV.

### A. Alat dan Bahan

Pada penelitian ini peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. *software* MATLAB tipe R2014a sebagai simulator;  
Matlab merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan sebagai tool untuk pemrograman dibidang teknik dan saintifik. Matlab adalah kependekan dari *matrix laboratory* merupakan integrasi komputasi, visualisasi dan pemrograman yang mudah digunakan.
2. data-data pendukung sub sistem Jawa Tengah Bagian Selatan sebagai berikut:
  - a) *single line* diagram sistem tenaga ;
  - b) Bus, data yang dibutuhkan adalah: *magnitude* V, faktor daya (pf)
  - c) Generator yang tersambung dengan sistem, kapasitas daya mampu yaitu daya aktif dalam (MW) dan daya reaktif dalam (MVAR);
  - d) *Injected* Qmax dan Qmin;
  - e) pembebanan trafo disetiap Gardu Induk, yakni beban MW dan MVAR yang dilayani oleh sistem tenaga listrik sub sistem Jawa Tengah Bagian Selatan;
  - f) saluran transmisi (R, X,  $\frac{1}{2}$  B atau suseptansi, kode saluran atau nilai *tap setting*.

### B. Langkah Kerja

Dalam proses pengerjaan penelitian ini akan dilalui beberapa tahapan berikut di bawah ini:

- a. studi pustaka.  
Untuk mempelajari berbagai sumber referensi yang berkaitan dengan penelitian dilakukan studi literatur ini. Pustaka yang berkaitan dengan aliran daya dan aplikasi dalam penggunaan metode Newton Raphson adalah pustaka yang dipelajari.
- b. pengumpulan data.  
Untuk mendapatkan data-data yang diperlukan yang berkaitan dengan aliran daya, dalam hal ini melakukan studi di Wilayah Jawa Tengah Bagian Selatan dan untuk data diambil dari Unit Penyaluran dan Pengatur Beban Jateng dan DIY. Data saluran transmisi, pembangkit, dan beban adalah data yang dibutuhkan.

### c. formulasi masalah.

Dalam kondisi operasi tunak tujuan analisis aliran daya untuk mendapatkan informasi mengenai aliran daya atau tegangan system[5]. Daya real atau daya aktif, daya reaktif, harga skalar tegangan dan sudut fasa tegangan untuk mengetahui 4 besaran dari tiap-tiap bus[6] pada sistem transmisi 150 kV wilayah Jawa Tengah bagian selatan dengan *slack* bus di PLTU Cilacap. Formulasi masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

- a) Pada bus beban atau *load buses* dimana  $P_i^{sch}$  dan  $Q_i^{sch}$  nilainya ditentukan, nilai *slack bus* diatur sama dengan nilai tegangan dan sudut fasa.
- b) Pada bus beban, menghitung nilai  $P_i^{(k)}, Q_i^{(k)}$  dan  $\Delta P_i^{(k)}, \Delta Q_i^{(k)}$
- c) Menghitung  $P_i^{(k)}, \Delta P_i^{(k)}$  pada *voltage-controlled buses*
- d) Menghitung element-elemen matrik Jacobian:  $J_1, J_2, J_3, J_4$ .
- e) Menghitung nilai :  $\Delta \delta, \Delta |V|$ ; 
$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix}$$
- f) Dari sudut fasa dan tegangan menghitung nilai-nilai baru:  $\delta_i^{(k)}$  dan  $|V_i^{(k+1)}|$
- g) Proses ini berlangsung sampai  $\Delta P_i^{(k)}, \Delta Q_i^{(k)}$  kurang dari akurasi yang ditentukan  $|\Delta P_i^{(k)}| \leq 0,00001$  ;  $|\Delta Q_i^{(k)}| \leq \epsilon$  0,00001
- d. membuat *listing* program.

Dalam pembuatan *listing* program Matlab menggunakan metode Newton Raphson, diagram alir penjadwalan ditunjukkan pada gambar 3.5 dan tahapannya seperti pada formulasi masalah.

- e. Pada tahap ini dilakukan simulasi dari program aliran daya saluran transmisi 150 kV dalam program Matlab yang sudah dibuat dengan inputnya berupa data bus dan data saluran transmisi dan *outputnya* berupa *power flow, line flow* dan *losses*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perancangan metode dan bahan pada Bab 3 telah di implementasikan pada sistem transmisi 150 kV sub sistem Ungaran atau Jawa Tengah bagian yang didalam berisikan data bus, data saluran, data beban disetiap bus, data daya pembangkitan generator pada tiap bus, data resistansi, data reaktansi, data suseptansi dan data *tap setting*. Dapat dilihat bahwa untuk mencapai nilai *output power flow, line flow and losses* dengan akurasi yang tinggi diperlukan beberapa parameter nilai yang digunakan dalam metode Newton rapson. Adapun nilai parameter yang digunakan dalam penyelesaian analisis aliran daya pada metode Newton Rapson adalah nilai toleransi kurang dari 0,00001. Hasil konvergensi berhenti pada iterasi ke 11 dengan waktu yang penyelesaian secara cepat pada waktu 0,3 detik. Tabel 4.1 merupakan Hasil *line flow dan losses* yang memenuhi kapasitas saluran transmisi sehingga didapatkan suatu kemampuan dari sistem untuk memenuhi kebutuhan beban. Tabel 4.2 merupakan hasil *power flow* dengan total daya yang dibangkitkan mampu melayani kebutuhan beban yang dicatu oleh pembangkit dalam sistem.

Tabel 4.1 *Line Flow dan Losses*

<i>Line</i>		<i>Power low</i>		Rugi-rugi saluran			Tap Trafo
<i>From</i>	<i>To</i>	MW	MVAR	MVA	MW	MVAR	
1		2370.211	186.348	2377.525			
	42	2370.211	186.348	2377.525	16.814	40.833	
2		-116	-26	118.878			
	3	43.446	-19.4	47.581	0.007	0.017	
	14	-159.446	-6.6	159.582	0.146	0.358	
3		-71	-22	74.33			
	4	-27.561	-41.417	49.749	0.003	0.022	
	2	-43.439	19.417	47.581	0.007	0.017	
4		-44	-9	44.911			
	3	27.564	41.439	49.769	0.003	0.002	
	5	123.363	10.167	123.781	0.013	0.097	
	18	-194.927	-60.606	204.131	0.037	0.262	
5		-43	-8	43.738			
	4	-123.349	-10.071	123.76	0.013	0.097	
	6	80.349	2.071	80.376	0.039	0.013	
6		-34	-9	35.171			
	5	-80.311	-2.057	80.337	0.039	0.013	
	7	46.311	-6.943	46.828	0.003	0.001	
7		-46	-11	47.297			
	6	-46.307	6.944	46.825	0.003	0.001	
	13	29.001	10.004	30.677	0.001	0.004	
	8	-15.618	-8.043	17.568	0	0.001	
	12	-13.075	-19.905	23.815	0	0.002	
8		-53	-18	55.973			
	7	15.619	8.044	17.568	0	0.001	
	9	-68.619	-26.044	73.395	0.002	0.004	
9		-28	-10	29.732			
	8	68.621	26.048	73.398	0.002	0.004	
	10	-96.621	-36.048	103.126	0.006	0.009	
10		-92	-25	95.336			
	9	96.627	36.057	103.136	0.006	0.009	
	12	57.076	33.917	66.393	0.001	0.01	
	11	-245.704	-94.974	263.421	0.041	0.285	
11		-25	-7	25.962			
	10	245.744	95.259	263.561	0.041	0.285	
	18	-270.744	-102.259	289.412	0.049	0.331	
12		-44	-14	46.174			
	10	-57.075	-33.907	66.387	0.001	0.01	
	7	13.075	19.907	23.817	0	0.002	

13		-29	-10	30.676			
	7	-29	-10	30.676	0.001	0.004	
14		-85	-17	86.683			
	2	159.591	6.958	159.743	0.146	0.358	
	15	-244.591	-23.958	245.762	0.318	0.786	
15		-113	-35	118.296			
	14	244.91	24.745	246.156	0.318	0.786	
	16	-250.364	67.694	259.354	0	0.687	
	25	-189.545	-146.513	239.569	0	1.147	
	26	82	19.074	84.189	0	0.074	
16		-46	-11	47.297			
	15	250.364	-67.007	259.176	0	0.687	
	25	-296.364	56.007	301.61	1.142	0.159	
17		-37.529	68.014	77.681			
	24	-13.108	0	13.108	0	0	
	23	-24.422	68.014	72.266	0	0.032	
18		-42	-11	43.417			
	4	194.963	60.869	204.244	0.037	0.262	
	11	270.793	102.591	289.575	0.049	0.331	
	19	-507.757	-174.459	536.892	0	0.801	
19		-60	-17	62.362			
	18	507.757	175.261	537.153	0	0.801	
	45	-166.953	-30.813	169.773	0	0.619	
20		-79	-18	81.025			
	19	188.247	67.393	199.947	0	0.502	
	21	37.503	-94.183	101.375	0.003	0.019	
	31	-146.494	5.783	146.608	0.025	0.173	
	32	-158.256	3.007	158.285	0.037	0.274	
21		-28	-4	28.284			
	19	212.556	95.134	232.875	0	0.578	
	22	-203.057	-193.336	280.377	0.069	0.493	
22		-34	-6	34.525			
	23	-237.126	-199.83	310.097	0	1.385	
	21	203.126	193.83	280.767	0.069	0.493	
23		-34	-6	34.525			
	22	237.126	201.214	310.992	0	1.385	
	28	-50.771	-25.247	56.702	0	0.053	
	29	-268.712	-27.461	270.112	0	1.076	
	24	23.936	-86.524	89.774	0	0.038	
	17	24.422	-67.982	72.236	0	0.032	
24		-10.828	86.562	87.237			
	17	13.108	0	13.108	0	0	

	23	-23.936	86.562	89.811	0	0.038	
25		-27	-6	27.659			
	15	189.545	147.659	240.272	0	1.147	
	16	297.507	-55.848	302.703	1.142	0.159	
	27	-514.052	-97.812	523.275	0	4.407	
26		-82	-19	84.172			
	15	-82	-19	84.172	0	0.074	
27		-2.892	79.87	79.922			
	25	514.052	102.219	524.117	0	4.407	
	38	-516.944	-22.349	517.427	0	3.985	
28		-112.827	27.256	116.072			
	23	50.771	25.3	56.725	0	0.053	
	37	-163.598	1.956	163.609	0	1.362	
29		-3.691	279.419	279.443			
	23	268.712	28.537	270.223	0	1.076	
	34	-272.404	250.882	370.331	0.159	1.209	
30		-65	-15	66.708			
	32	-65	-15	66.708	0.005	0.007	
31		-34	-4	34.234			
	32	-180.519	1.611	180.526	0.014	0.1	
	20	146.519	-5.611	146.626	0.025	0.173	
32		-99	-27	102.616			
	31	180.533	-1.511	180.539	0.014	0.1	
	33	-236.45	-11.836	236.746	0.025	0.147	
	44	-266.38	-25.928	267.639	0.063	0.46	
	20	158.293	-2.733	158.316	0.037	0.274	
	30	65.005	15.007	66.714	0.005	0.007	
33		-50	-14	51.923			
	32	236.475	11.983	236.778	0.025	0.147	
	44	-286.475	-25.983	287.651	0.048	0.314	
34		-65	-42	77.389			
	43	511.721	86.854	519.04	0.234	1.798	
	44	498.398	82.777	505.225	0.555	3.999	
	35	-407.535	278.165	493.418	0.247	1.872	
	36	-940.146	-240.124	970.327	0.956	7.239	
	29	272.562	-249.673	369.63	0.159	1.209	
35		-35	-7	35.693			
	34	407.782	-276.293	492.569	0.247	1.872	
	36	-442.782	269.293	518.242	2.971	0.352	
36		-57	-16	59.203			
	35	445.754	-268.942	520.601	2.971	0.352	
	38	-111.532	28.87	115.207	0	0.26	

	42	-1332.324	-23.291	1332.528	0	35.859	
	34	941.102	247.363	973.068	0.956	7.239	
37		-57	-14	58.694			
	28	163.598	-0.594	163.599	0	1.362	
	38	-220.598	-13.406	221.004	0	1.475	
38		-28	-8	29.12			
	36	111.532	-28.609	115.143	0	0.26	
	37	220.598	14.881	221.099	0	1.475	
	39	67	19.122	69.675	0	0.074	
	27	516.944	26.334	517.614	0	3.985	
	41	-944.073	-39.728	944.908	0	18.567	
39		-21	-6	21.84			
	38	-67	-19.049	69.655	0	0.074	
	40	46	13.049	47.815	0	0.049	
40		-46	-13	47.802			
	39	-46	-13	47.802	0	0.049	
41		-24	-6	24.739			
	38	944.073	58.296	945.871	0	18.567	
	42	-641.652	-46.027	643.301	0	3.28	
	48	-326.421	-18.269	326.931	0	0.231	
42		-26	-9	27.514			
	41	641.652	49.307	643.544	0	3.28	
	48	353.421	28.057	354.533	0	1.557	
	1	-2353.397	-145.514	2357.891	16.814	40.833	
	36	1332.324	59.15	1333.636	0	35.859	
43		-31	-7	31.78			
	44	480.487	78.057	486.786	0.31	2.17	
	34	-511.487	-85.057	518.511	0.234	1.798	
44		-112	-29	115.694			
	34	-497.842	-78.778	504.037	0.555	3.999	
	32	266.442	26.387	267.746	0.063	0.46	
	34	-497.842	-78.778	504.037	0.555	3.999	
	43	-480.177	-75.886	486.136	0.31	2.17	
	45	225.023	47.965	230.078	0.069	0.532	
	46	39.002	12.003	40.807	0.002	0.003	
	47	49.029	13.012	50.726	0.029	0.012	
45		-58	-16	60.166			
	44	-224.953	-47.432	229.9	0.069	0.532	
	19	166.953	31.432	169.887	0	0.619	
46		-39	-12	40.804			
	44	-39	-12	40.804	0.002	0.003	
47		-49	-13	50.695			

	44	-49	-13	50.695	0.029	0.012	
48		-27	-8	28.16			
	42	-353.421	-26.5	354.413	0	1.557	
	41	326.421	18.5	326.944	0	0.231	
	<b>Rugi total</b>				<b>24.443</b>	<b>142.469</b>	

Dari hasil penelitian pada Tabel 4.1 menunjukkan hasil *line flow* dan *loss* di sub sistem Jawa Tengah bagian selatan yang terdiri dari 48 bus yang saling terhubung. Pada sistem transmisi Jawa Tengah bagian selatan menggunakan karakteristik penyaluran daya dengan saluran transmisi jarak

pendek. Dengan daya yang mengalir pada sistem transmisi 150 kV Jawa Tengah bagian selatan dan rugi-rugi daya setiap saluran. Untuk total rugi-rugi daya yang mengalir pada saluran transmisi sebesar 24.443 MW dan 142.469 MVAR.

Tabel 4.2 Perhitungan *Power Flow* dengan metode Newton Raphson

No. Bus	Magnitude V	Angle	Generation		Load		Injected MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1	0	2370.211	186.348	0	0	0
2	0.9829	-3.8039	0	0	116	26	25
3	0.983	-3.8259	0	0	71	22	25
4	0.9834	-3.8146	0	0	44	9	0
5	0.9832	-3.8586	0	0	43	8	50
6	0.9827	-3.8673	0	0	34	9	0
7	0.9826	-3.8691	0	0	46	11	0
8	0.9827	-3.8657	0	0	53	18	0
9	0.9827	0.9827	0	0	28	10	0
10	0.9828	-3.8598	0	0	92	25	0
11	0.9833	-3.8052	0	0	25	7	0
12	0.9827	-3.8669	0	0	44	14	0
13	0.9826	-3.8753	0	0	29	10	0
14	0.9839	-3.6776	0	0	85	17	25
15	0.9855	-3.5026	0	0	113	35	25
16	0.9848	-3.3561	0	0	46	11	0
17	0.99	-3.2868	0	81.086	37.529	13.072	0
18	0.9839	-3.7473	0	0	42	14	0
19	0.9844	-3.6665	0	0	60	17	0
20	0.9852	-3.531	0	0	79	18	0
21	0.9854	-3.5367	0	0	28	4	0
22	0.9867	-3.4735	0	0	34	6	0
23	0.9896	-3.2784	0	0	34	6	0
24	0.99	-3.2849	0	92.194	10.828	5.632	0
25	0.9884	-3.2863	0	0	27	6	25
26	0.9853	-3.552	0	0	82	19	0
27	0.99	-2.813	0	81.682	2.892	1.813	0
28	0.99	-3.2308	32	62.868	144.827	35.612	0
29	0.99	-3.0513	0	284.76	3.691	5.341	0
30	0.9853	-3.4366	0	0	65	15	0

31	0.9853	-3.4633	0	0	34	4	50
32	0.9854	-3.4315	0	0	99	27	0
33	0.9855	-3.3963	0	0	50	14	0
34	0.9881	-2.8968	0	0	65	42	0
35	0.9864	-2.7008	0	0	35	7	0
36	0.9909	-2.4977	0	0	57	16	0
37	0.9899	-2.754	0	0	57	14	0
38	0.9904	-2.3723	0	0	28	8	0
39	0.9901	-2.4305	0	0	21	6	0
40	0.9898	-2.4865	0	0	46	13	0
41	0.9914	-1.2485	0	0	24	6	0
42	0.9917	-0.9572	0	0	26	9	0
43	0.9871	-3.0883	0	0	31	7	0
44	0.9858	-3.3349	0	0	112	9	0
45	0.985	-3.4611	0	0	58	16	0
46	0.9857	-3.338	0	0	39	12	0
47	0.9852	-3.3402	0	0	49	13	50
48	0.9914	-1.2081	0	0	27	8	0
<b>Total</b>			<b>2402.211</b>	<b>788.938</b>	<b>2377.767</b>	<b>646.469</b>	<b>275</b>

Dari hasil penelitian pada tabel 4.2 menunjukkan hasil *power flow* di sub sistem Jawa Tengah bagian selatan dengan total bus 48 yang terdiri dari 1 *slack* bus yaitu PLTU Cilacap, 5 bus generator yaitu PLTA Ketenger, PLTA Wadas Lintang, PLTA Mrica, PLTA Garung, dan PLTP Dieng, 42 bus beban sesuai dengan pemenuhan energi listrik dengan beban puncak rata-rata pada pukul 19.00 WIB selama bulan Desember tahun 2019. Dapat diketahui magnitude tegangan, sudut fasa tegangan pada setiap bus, daya aktif, daya reaktif pada setiap bus beban, dan daya yang dibangkitkan oleh bus generator maupun *slack bus* pada sistem. Dengan total daya beban sebesar 2377.767 MW dan 646.469 MVAR. Total daya yang dibangkitkan sebesar 2402.211 MW dan 788.938 MVAR.

### SIMPULAN

Penggunaan metode Newton Raphson pada sistem transmisi 150 kV di Jawa Tengah bagian selatan dengan jumlah 48 bus yang terdiri dari 1 *slack* bus, 5 bus generator dan 42 bus beban dinilai lebih efektif dalam menyelesaikan perhitungan *power flow* pada sistem transmisi 150 kV yang kompleks. Dari hasil perhitungan *power flow* dengan metode Newton Raphson pada sistem transmisi 150 kV Jawa Tengah bagian selatan pada kondisi normal sehingga dapat dijadikan pedoman untuk menganalisis aliran daya dan untuk mengembangkan analisis aliran daya dalam perencanaan sistem tenaga listrik di Jawa Tengah bagian selatan. Total daya beban sebesar 2377.767 MW dan 646.469 MVAR. Total daya yang dibangkitkan sebesar 2402.211 MW dan 788.938 MVAR.

Sedangkan rugi-rugi total daya pada saluran transmisi 150 kV adalah 24,443 MW dan 142,469 MVAR.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Komoni, Vjollca., dkk. 2012. *Control Active and Reactive Power Flow with UPFC connected in Transmission Line*. IEEE.
- [2] Nisworo, Sapto. 2010. Studi Perhitungan Aliran Daya Di Jawa Tengah Bagian Utara Menggunakan Metode Newton Raphson. Vol 33 No. 1.
- [3] Manjusha, K., dkk. 2016. *Real Power Flow Control in Transmission System using TCSC*. IEEE , 978-1-4673-6658-8/16.
- [4] Abokrishna, Mohamed., dkk. 2017. *Nineteenth International Middle East Power Systems Conference (MEPCON). Development of Newton-Raphson Power-flow Method Based on Second Order Multiplier*. IEEE, 978-1-5386-0990-3.
- [5] Saadat, Hadi. 1999. *Power System Analysis. A Division of The Mc Graw-Hill Companies*. ISBN 0-07-0122335-0.
- [6] Grainger, John J., dkk. 2016. *Power System Analysis. A Division of The McGraw-Hill Companies* . ISBN 978-1-259-00835-1 or MHDI 1-259-00835-5.